

(51) Int. Cl. ⁷
H01M 8/02
// H01M 8/10

識別記号

F I
H01M 8/02
8/10

テーマコード (参考)

B 5H026

審査請求 有 請求項の数39 O L (全9頁)

(21) 出願番号 特願2002-156954 (P 2002-156954)
(22) 出願日 平成14年 5月30日 (2002. 5. 30)
(31) 優先権主張番号 09 / 8 7 1 1 8 9
(32) 優先日 平成13年 5月31日 (2001. 5. 31)
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 590001407
ゼネラル・モーターズ・コーポレーション
GENERAL MOTORS CORP
ORATION
アメリカ合衆国ミシガン州48202, デトロ
イト, ウェスト・グラント・ブルバード
3044
(72) 発明者
リチャード・エイチ・ブランク
アメリカ合衆国ミシガン州48044, マコー
ム, クレストウッド・ドライブ 15415
(74) 代理人 100089705
弁理士 社本 一夫 (外5名)

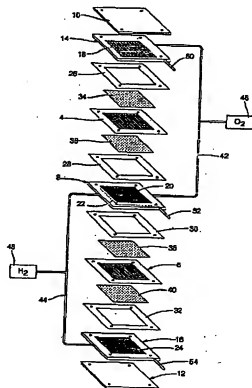
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 繊維の方向が調整された燃料電池セパレータプレート及び製造方法

(57) 【要約】

【課題】 カーボン成分が小さくポリマー成分が大きい燃料電池用複合セパレータプレートを提供する。

【解決手段】 セパレータプレート配合物は、所望の導電率及び熱伝導率を得るため、プレートの厚さを貫く方向に向けられたアスペクト比が比較的高い伝導性繊維質充填体を所定の割合で含む。このように繊維がプレート面を貫くように方向付けされた燃料セパレータプレートを製造する方法においては、ランド高さを持つセパレータプレートを形成する工程、ランド高さの一部を除去してセパレータプレートの所望の幾何学的形体を得る工程を含む。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の流れ経路が形成された第1表面及びこの第1表面の反対側の第2表面を持つ燃料電池スタック用の複合セパレータプレートであって、50容量%乃至98容量%のポリマー材料と、20容量%乃至50容量%の繊維質導体を含み、前記繊維質導体は、前記複合セパレータプレートの実効抵抗が50ミリオーム cm^2 以下となるように、プレート面を貫く方向付けで配置されている複合セパレータプレート。

【請求項2】 前記プレート面を貫く方向付けにより、前記セパレータプレートの前記第1表面と前記第2表面との間に、電流密度が約1.0075A/ cm^2 で燃料電池積み重ね圧力が約137.2N/ cm^2 の条件で、50mV以下の電圧降下をもたらす請求項1に記載の複合セパレータプレート。

【請求項3】 60容量%乃至80容量%がポリマー材料で形成され、20容量%乃至40容量%が前記プレートを貫く方向付けで配置された繊維質導体で形成されている請求項1に記載の複合セパレータプレート。

【請求項4】 前記ポリマー材料はポリマー導体である請求項1に記載の複合セパレータプレート。

【請求項5】 非繊維質導体を10容量%以下含む請求項3に記載の複合セパレータプレート。

【請求項6】 前記非繊維質導体は、カーボンブラック、グラファイト粉体、及び金属粉体からなる群から選択される請求項5に記載の複合セパレータプレート。

【請求項7】 前記ポリマー材料は、熱硬化性ポリマー及び熱可塑性ポリマーからなる群から選択される請求項1に記載の複合セパレータプレート。

【請求項8】 前記ポリマー材料は、シリコン、ポリイソブチレン、エポキシビニルエステル、及びフェノール樹脂からなる群から選択される請求項7に記載の複合セパレータプレート。

【請求項9】 前記ポリマー材料は、ポリプロピレン、ETFE、ナイロン、及びゴム改質ポリプロピレンからなる群から選択される請求項7に記載の複合セパレータプレート。

【請求項10】 前記繊維質導体充填体は、アスペクト比が1:1以上の繊維質導体である請求項1に記載の複合セパレータプレート。

【請求項11】 前記繊維質導体は、約40容量%のアスペクト比が15:1以上のPAN MF30カーボン繊維である請求項10に記載の複合セパレータプレート。

【請求項12】 前記繊維質導体は、カーボン繊維、グラファイト繊維、ニッケルでコーティングしたグラファイト繊維、及びステンレス鋼繊維からなる群から選択される請求項10に記載の複合セパレータプレート。

【請求項13】 10容量%以下の繊維質導体をも更に含む請求項1に記載の複合セパレータプレート。

【請求項14】 前記繊維質導体は、第1伝導性繊維材料を1容量%乃至25容量%、及び前記第1伝導性繊維材料と異なる第2伝導性繊維材料を1容量%乃至25容量%含む請求項1に記載の複合セパレータプレート。

【請求項15】 前記第1伝導性繊維材料は、約15容量%のアスペクト比が100:1以上のパイログラフPR-11グラファイト繊維であり、前記第2伝導性繊維材料は、約5容量%のアスペクト比が15:1以上のPAN MF30カーボン繊維である請求項14に記載の複合セパレータプレート。

【請求項16】 約5容量%の非繊維質導体を更に含む請求項15に記載の複合セパレータプレート。

【請求項17】 前記非繊維質導体は、カーボンブラック、グラファイト粉体、及び金属粉体からなる群から選択される請求項16に記載の複合セパレータプレート。

【請求項18】 50容量%乃至98容量%のポリマー材料と20容量%乃至50容量%の繊維質導体とを含む複合材料を配合する工程と、

第1ランド用の凹部を有する第1成形成面と第2ランド用の凹部を有する第2成形成面との間で前記複合材料を成形し、セパレータプレートを形成する工程であって、このセパレータプレートは、前記セパレータプレートの第1面から第1ランド高さまで延びる第1ランド及び前記セパレータプレートの第2面から第2ランド高さまで延びる第2ランドを含み、前記繊維質導体は、この繊維質導体の第1部分が前記第1ランドに配置され、前記繊維質導体の第2部分が前記第2ランドに配置されるように方向付けられるセパレータプレート形成工程と、

前記第1ランドの少なくとも一部を除去し、これによって前記第1ランド高さを減少して第1露露面を形成し、この第1露露面は、前記第1露露面と近接して終端する前記繊維質導体の前記第1部分の端部を有する工程と、前記第2ランドの少なくとも一部を除去し、これによって前記第2ランド高さを減少して第2露露面を形成し、この第2露露面は、前記第2露露面と近接して終端する前記繊維質導体の前記第2部分の端部を有する工程とを含む複合セパレータプレートの製造方法。

【請求項19】 前記複合材料を形成する工程は、前記複合材料から装入体を形成する工程と、前記第1及び第2の成形成面が形成されたダイセットに前記装入体を設置する工程と、前記セパレータプレートを圧縮成形する工程を含む請求項18に記載の複合セパレータプレートの製造方法。

【請求項20】 前記複合材料を形成する工程は、前記第1及び第2の成形成面が形成されたダイセット間に前記複合材料を注入する工程と、前記複合材料を圧縮成形して前記セパレータプレートにする工程を含む請求項18に記載の複合セパレータプレートの製造方法。

【請求項21】 前記複合材料を形成する工程は、前記セパレータプレートが前記ダイキャビティ内で成形され

るように前記第1及び第2の成形面を持つダイキャビティに前記複合材料を注入する工程を含む請求項18に記載の複合セパレータプレートの製造方法。

【請求項22】 前記第1及び第2のランド高さの少なくとも一部を除去する工程は、前記第1及び第2のランド高さを20%又はそれ以上減少する工程を含む請求項18に記載の複合セパレータプレートの方法。

【請求項23】 前記第1及び第2のランド高さの少なくとも一部を除去する工程は、適切な機械加工作業を含む請求項18に記載の複合セパレータプレートの方法。

【請求項24】 前記適切な機械加工作業は、レーザー加工、ウォータージェット加工、研削、フライカッティング法、及びサンディング法からなる機械加工作業群から選択される請求項18に記載の複合セパレータプレートの方法。

【請求項25】 前記セパレータプレートの第1面から延びる第1ランド高さを持つ第1ランド及び前記セパレータプレートの第2面から延びる第2ランド高さを持つ第2ランドを形成するように成形される複合材料であって、50容量%乃至98容量%のポリマー材料と2容量%乃至50容量%の繊維質導体とを含み、前記繊維質導体はその第1部分が前記第1ランドに配置され且つ第2部分が前記第2ランドに配置されるように方向付けられる複合材料を含み、前記第1ランドの一部は、前記第1ランド高さを減少して第1露呈面が形成されるように前記セパレータプレートから除去され、前記第1露呈面は、隣接して終端する前記繊維質導体の前記第1部分の端部を有し、前記第2ランドの一部は、前記第2ランド高さを減少して第2露呈面が形成されるように前記セパレータプレートから除去され、前記第2露呈面は、隣接して終端する前記繊維質導体の前記第2部分の端部を有する、複合セパレータプレート。

【請求項26】 前記ポリマー材料はポリマー導体である請求項25に記載の複合セパレータプレート。

【請求項27】 前記複合材料は、非繊維質導体を10容量%以下で更に含む請求項25に記載の複合セパレータプレート。

【請求項28】 前記非繊維質導体は、カーボンブラック、グラファイト粉体、及び金属粉体からなる群から選択される請求項27に記載の複合セパレータプレート。

【請求項29】 前記ポリマー材料は、熱硬化性ポリマー及び熱可塑性ポリマーからなる群から選択される請求項25に記載の複合セパレータプレート。

【請求項30】 前記ポリマー材料は、シリコン、ポリイソブチレン、エポキシビニルエステル、及びフェノール樹脂からなる群から選択される請求項29に記載の複合セパレータプレート。

【請求項31】 前記ポリマー材料は、ポリプロピレン、ETFE、ナイロン、及び半改質ポリプロピレン

からなる群から選択される請求項30に記載の複合セパレータプレート。

【請求項32】 前記繊維質導体は、アスペクト比が10:1以上の伝導性繊維材料である請求項25に記載の複合セパレータプレート。

【請求項33】 前記伝導性繊維材料は、カーボン繊維、グラファイト繊維、ニッケルでコーティングしたグラファイト繊維、及びステンレス鋼繊維からなる群から選択される請求項32に記載の複合セパレータプレート。

【請求項34】 前記伝導性繊維材料は、約40容量%のアスペクト比が15:1以上のPAN MF30カーボン繊維である請求項33に記載の複合セパレータプレート。

【請求項35】 前記複合材料は、繊維不導体を10容量%以下で更に含む請求項25に記載の複合セパレータプレート。

【請求項36】 前記繊維質導体は、第1伝導性繊維材料を1容量%乃至25容量%、及び前記第1伝導性繊維材料と異なる第2伝導性繊維材料を1容量%乃至25容量%含む請求項25に記載の複合セパレータプレート。

【請求項37】 前記第1伝導性繊維材料は、アスペクト比が100:1以上のパイログラフPR-11グラファイト繊維を約15容量%、及びアスペクト比が15:1以上のPAN MF30カーボン繊維を約5容量%含む請求項36に記載の複合セパレータプレート。

【請求項38】 前記複合材料は、更に、非繊維質導体を約5容量%含む請求項36に記載の複合セパレータプレート。

【請求項39】 前記非繊維質導体は、カーボンブラック、グラファイト粉体、及び金属粉体からなる群から選択される請求項38に記載の複合セパレータプレート。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、PEM燃料電池に関し、更に詳細には、導電性及び熱伝導性を高めるように繊維を配置した複合セパレータプレート（分離板）、及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】多くの用途用の動力源として燃料電池が提案されてきた。一つのこのような燃料電池は、陽子交換膜即ちPEM燃料電池である。PEM燃料電池は、当該技術分野で周知であり、その各セルに膜電極アセンブリ即ちMEAを含む。MEAは、薄い陽子伝導性ポリマー膜電解質であり、陽極電極フィルムがその一方の面に形成されており、陰極電極フィルムがその反対側の面に形成されている。このようなMEAは当該技術分野で周知であり、米国特許第5,272,017号及び米国特許第3,134,697号、並びに動力源第29巻（1990年）の第367頁乃至第387頁に記載され

ている。

【0003】一般的には、MEAはイオン交換樹脂から形成されており、代表的には、E. I. デュポン社から入手できるNAFION 3等のペフルオロネーテッドスルホン酸を含む。他方、陽極フィルム及び陰極フィルムは、代表的には、(1)カーボン微粒子、カーボン粒の内部及び外面上に支持された非常に微細な触媒粒子、及び触媒及びカーボン粒子と混合したNAFION 3等の陽子伝導性材料を含むか、(2)ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)バインダーの全体に分散した触媒粒子、サンプ(sans)カーボンを含む。一つこのようなMEA及び触媒電池は、1993年12月21日に賦与された米国特許第5,272,017号に記載されている。この特許は、本発明の譲受人に譲渡されている。

【0004】MEAは、多孔質ガス透過性導体のシート間に配置され、これらのシートはMEAの陽極面及び陰極面に押し付けられ、陽極及び陰極用の主電流コレクタとして、及びMEA用の機械的支持体として役立つ。適当なこのような主電流コレクタシートは、当該技術分野で周知のように、カーボン又はグラファイトの紙又は布、目が細かい貴金属スクリーン等でできている。このアッセンブリを、本明細書中、MEA/主電流コレクタアッセンブリと呼ぶ。

【0005】MEA/主電流コレクタアッセンブリを、主電流コレクタから電流を強め、電流をスタック内部の隣接したセル間で(即ち二極性プレートの場合)、及びスタック外部のセルの端部に(単極性プレートの場合)伝達するための副電流コレクタとして役立つ一対の非多相質導電性セパレータプレート間でプレスする。二次電流収集プレートは、気体反応体(例えばH₂及びO₂/空気)を陽極及び陰極の全体に分配する流れ領域(flow field)を含む。これらの流れ領域は、一般に、複数のランドを含む。これらのランドは主電流コレクタと係合し、その間に複数の流れ経路を形成する。これらの経路を通して気体反応体が経路の一端の供給ヘッドと経路の他端の排気ヘッドとの間を流れる。

【0006】従来、セパレータプレートは、耐蝕性導電性コーティングで保護されたステンレス鋼等の適当な合金で形成されていた。現在、複合セパレータプレートの開発に努力が傾けられている。このような複合セパレータプレートの設計パラメータは、使用された材料が特定の導電性及び熱伝導性を備えていることを必要とすることである。これに関し、材料供給者は、必須の伝導性の目標値を達成するため、ポリマー母材中にグラファイト粉末を70容量%乃至90容量%含む、カーボン分が高い複合プレートを開発した。この組成のセパレータプレートは、腐蝕性燃料電池環境に耐え、多くの場合、費用及び伝導性の目標値を満たす。しかしながら、比重が高いグラファイト分が多いため、これらのプレ

ートは軽く且つ高密度であり、それらの所望のスタック粉体密度を容積的にも比重でも満たさない。更に薄いプレートを使用することによって燃料電池スタックの質量及び容積を減少する努力が払われてきた。残念なことに、これらのプレートは脆いため、部品の離型作業中、接着剤結合作業中、及びスタック組み立て作業中、特にプレートのマニホールド区分で亀裂が入ったり壊れたりすることがよくある。

【0007】かくして、燃料電池セパレータプレート用の適当な複合材料及び、カーボン分が高いプレートと関連した固有の問題点及びこのようなプレートと関連した劣る特性を解決する製造方法を提供する必要がある。このように、セパレータプレートの脆性を小さくするため、及び燃料電池スタックの質量及び容積の目標値を達成するためには、カーボン分が低くポリマー分が高い材料を使用するのが望ましい。しかしながら、カーボンの濃度が低いと、所望の導電性及び熱伝導性の目標値を得るのが極めて困難である。

【0008】同じ又は低い容積濃度で、個々の伝導性粒子間のポリマー絶縁隙間の数及び幅を減少することによって、伝導性を高めるため、アスペクト比が高い伝導性充填体を含むのが有利である。このような繊維は、射出成形プロセス又は圧縮成形プロセス中に流れ方向(即ち平面内方向)に向けられ、最終的に得られる部品に大きな電気的及び機械的異方性を発生させるべきものとして知られている。不都合なことに、燃料電池セパレータプレートの場合、材料費を少なくするために繊維含有量を比較的少なくしたままで、プレート面を貫く方向の伝導率の目標値を得るためには、プレート面を貫く方向(即ち、厚みを貫く方向)に繊維を向けることが必要とされる。

【0009】[発明が解決しようとする課題]従って、適切な導電性及び熱伝導性を備えた丈夫な複合材料で形成された燃料電池セパレータプレート、及びこのような燃料電池セパレータプレートの製造方法を提供するのが望ましい。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、燃料電池スタックで使用するための、複数の流れ経路が形成された種類の複合セパレータプレートに関する。セパレータプレートの複合材料は、熱硬化性ポリマー又は熱可塑性ポリマー等のポリマー材料、及びセパレータの上面と下面の間でセパレータプレートを貫く流れ経路を提供する、プレート面を貫く方向付けがされた繊維質伝導性充填体を含む。

【0011】本発明は、更に、セパレータプレートのプレート面を貫く方向の導電性及び熱伝導性を高めるために、射出成形、圧縮成形、又は射出圧縮成形において、繊維質伝導性充填体をセパレータプレートのプレート面を貫く方向に向ける製造方法に関する。繊維をプレート

面を貫く方向に整合させることにより、低繊維濃度で伝導性の目標値を達成でき、これによりプレートの価格、重量、容積、及び厚さを小さくすることができる。金型の設計形状により、成形中に繊維表面に張力及び剪断力を加えるのに必要な流れ運動学（即ち速度、及び加速度）を発生し、これにより繊維をプレート面を貫く方向の方向に向ける。詳細には、セパレータプレートを余分のランド高さとともに成形し、これにより伝導性繊維をプレート面を貫く方向に整合させる。セパレータプレートを金型から取り出した後、余分のランド高さを除去し、伝導性繊維の一部の端部をランド表面のところで露呈する。

【0012】本発明は、本発明の特定の実施例の以下の詳細な説明を添付図面と関連して読むことによって更によく理解されるであろう。

【0013】

【発明の実施の形態】図1には、PEM燃料電池スタックの一部を概略的に示す。このPEM燃料電池スタックは、非多孔質導電性二極性セパレータプレート8によって互いから分離された一対の膜電極アセンブリ(MEA)4、6を有する。MEA4、6及びセパレータプレート8は、ステンレス鋼製クランププレート10及び12、及び単極性セパレータプレート14、16の間に積み重ねられている。セパレータプレート8、14、16の各々は、燃料ガス及び酸化体ガス（即ちH₂及びO₂）をMEA4、6の反応面に分配するための複数の経路がプレートの面に形成された流れ領域18、20、22、24を各々含む。不導性のガスケット又はシール26、28、30、32が燃料電池スタックのプレート8、14、16をシールし、電気的に絶縁する。主電流コレクタ34、36、38、40は、MEA4、6の反応面に対して押しつけられた多孔質ガス透過性導電性シートで形成されている。これらの主電流コレクタ34、36、38、40は、更に、MEA4、6に対し、特にMEAが流れ領域の流れ経路に亘って支持されていない場所、機械的支持を提供する。適当な主電流コレクタは、燃料及び酸化体を通過させる際に電極から電流を導くカーボン/グラファイトの紙/布、目が細かい貴金属スクリーン、連続気泡貴金属フォーム等を含む。

【0014】セパレータプレート14、16が主電流コレクタ34、40に夫々押し付けられているのに対し、セパレータプレート8はMEA4の陽極面に設けられた主電流コレクタ36及びMEA6の陰極面に設けられた主電流コレクタ38に押し付けられている。酸素は、燃料電池スタックの陰極側に貯蔵タンク46から適当な供給配管42を介して供給され、水素は、燃料電池スタックの陽極側に貯蔵タンク48から適当な供給配管44を介して供給される。O₂タンク46をなくし、空気を陰極側に周囲から供給してもよく、H₂タンク48をなくし、メタノール等の液体炭化水素（例えばガソリン）か

ら水素を触媒作用で発生する改質システムから水素を陽極に供給してもよい。陽極流れ領域からのH₂が消費された陽極ガス及び陰極流れ領域からのO₂が消費された陰極ガスを除去するため、MEA4、6のH₂側及びO₂側/空気側の両方用の排気配管（図示せず）もまた設けられている。液体クーラントを必要に応じてプレート8、14、16を通して循環させるため、追加の配管50、52、54が設けられている。

【0015】本発明の一つの特徴は、圧縮成形プロセスを使用することによって、導電性ファイバを、プレート面を貫く方向に向けるプロセスを提供することである。図2及び図3を参照して詳細に説明すると、第1成形面104及び第2成形面106が形成されたダイセット102を持つプレス100が提供される。第1成形面104には、複数の溝108が形成されており、これらの溝が複数の相補的隆起部110を画成する。同様に、第2成形面106には、複数の溝112が形成されており、これらの溝が複数の相補的隆起部114を画成する。このように、成形面104は、複合セパレータプレート120の上面118に、図4に示すように成形された流れ領域116を形成する。同様に、第2成形面106は、複合セパレータプレート120の下面124に成形された流れ領域122を形成する。

【0016】図2及び図3を再び参照すると、複合材料装入体126をダイセット102内に従来の方法で装填し、成形面104と106との間で圧縮成形し、複合セパレータプレート120を形成する。以下に更に詳細に説明するように、複合材料装入体は、ポリマー材料を50容量%乃至98容量%含む、繊維質導体を2容量%乃至50容量%含む。最初、繊維質導体は、図2でわかるように、装入体内で全体にランダムに配向されている。圧縮成形プロセス中、複合材料装入体に加えられるプレス力が繊維質導体に内部張力及び剪断力を加え、図3でわかるように成形面と全体に平行な配向を生じる。規則的に配置された溝部108、112、及び隆起部110、114により、圧縮成形プロセス中、繊維質材料をセパレータプレートの中間区分で垂直に即ち平面を通して配向する。しかしながら、繊維質材料の配向は、境界面で全体に平面内にある。

【0017】図3及び図4でわかるように、成形面104、106の形状、及び従って形成された流れ領域116、122の形状は、繊維質導体をプレート面を貫くように方向付ける上で重要な役割を果たす。プレート形状の決定に溝の長さ126、ランドの長さ128、及び溝の深さ130等の多くのパラメータを使用できるが、上面118を越えて上方に延びる余分のランド高さ132及び下面124の下方に延びる余分のランド高さ134を含むことが、繊維の配向を制御する上で最も影響のある幾何学的パラメータである。かくして、成形面104に形成された溝108は、複合プレート120の上面

9
118から延びる上ランド延長部136を形成するような形体を備えている。同様に、下成形面106に形成された溝112は、下面124の下に延びる下ランド延長部138を形成するような形体を備えている。上下のランド延長部136、138と関連した追加の材料を成形後に実質的に除去し、図5に示す所望のセバレータプレート形体にする。

【0018】当業者は、以上の議論に基づき、セバレータプレート120の成形された流れ領域パターン106の形状が、平面を通して配向された繊維の量、及び従って繊維の熱伝導性及び導電性に大きな影響を及ぼすことができるということを容易に理解するであろう。平面を貫く繊維の方向付けは、流れ領域の溝の長さ126を更に狭幅にし、これらの溝の輪郭を更にえん形とし、同時にランド長さ128を広幅にすることによって促進されることが分かっている。更に、プレート面を貫く繊維の方向付けは、ランド延長部136、138を追加することによって大幅に高められる。現在考えられる好ましい余分のランド高さ132、134は、所望のセバレータプレートの厚さ140の10%乃至50%の範囲内である。例えば、余分のランド高さ132、134は、厚さ140が2.0mmのセバレータプレートについて約0.2mm乃至1.0mmである。ランド高さが好ましい10%乃至50%の範囲以上である場合には、繊維のプレート面を貫く方向付けを増大させ、このような追加のランド高さは、最終製品の材料費及び加工費に大きな影響を及ぼす。

【0019】上文中に説明した実施例では、圧縮成形プロセスを詳細に開示したけれども、同じ結果を得るために他の成形プロセスを使用できることは当業者には容易に理解されよう。例えば図6及び図7を参照すると、これらの図には、第1及び第2の成形面204、206が形成されたダイキャピティ202を含む射出成形金型200を示す射出成形プロセスが例示されている。成形面204、206は、複合セバレータプレートの成形された流れ領域の形状を面成する複数の溝208、212、及び隆起部210、214を含む。複合セバレータプレートを形成するために複合材料を注入するため、射出ノズル203がダイキャピティ202と流体連通している。射出成形プロセスによって成形した後、複合セバレータプレート120をダイセットから取り出す。次いで、適当な機械加工作業を使用して上下のランド延長部136、138を除去する。射出成形プロセスは、図2及び図3を参照して説明した圧縮成形プロセスと同様に、所望の繊維配向を得るのに十分な張力及び剪断力を発生する。

【0020】以上の例は、二極性セバレータプレートの製造と関連しているが、本発明は、単極性セバレータプレート又は端セバレータプレートの製造で使用できる。図8及び図9を参照し、複合端セバレータプレート31

0を形成するための圧縮成形プロセスを例示する。プレス300は、上成形面304及び下成形面306を持つダイセットを含む。上成形面304は、図2及び図3と関連して説明した上成形面104と実質的に同じである。下成形面306には複数の溝312が設けられている。しかしながら、これらの溝312は、相補的隆起部を画成しない。このように、成形された流れ領域312が複合セバレータプレート310は上ランド314だけに設けられている。316の下面からは下ランド延長部318だけが延びている。プレス300から取り出した後、複合セバレータプレート310に機械加工を施し、上下のランド延長部318、320を除去し、最終的な複合セバレータプレート形状にする。

【0021】以上の例では、様々な圧縮成形プロセス及び射出成形プロセスを、本発明を参照して、更に詳細には、特定のランド延長部が上下の表面に形成された複合セバレータプレートを形成できるダイセット又はダイキャピティを参照して開示した。しかしながら、射出圧縮成形等の他の従来の成形プロセスを使用してこのようなランド延長部の特徴を備えた複合セバレータプレートを形成できるということは当業者には容易に理解されよう。このように、本発明は、本願に開示した圧縮成形技術又は射出成形技術に限定されず、他の適当な成形プロセスを含む。

【0022】添付図面を全体に参照すると、本発明は、ポリマー材料を50容量%乃至98容量%、及び繊維質導体を2容量%乃至50容量%含む配合物を含む複合材料から形成されたセバレータプレートに関する。複合セバレータプレートは、繊維質導体をプレート面を貫く方向付けで配置し、これによって、複合セバレータプレートの有効抵抗が、1平方センチメートル当たり約13.7.2N(14Kg f/cm²)と等しいか或いはそれ以下の圧縮比で、50ミリオーム平方センチメートル(mΩ・cm²)等のプロセスを使用して形成される。これに関し、有効抵抗は、主コネクタ(例えば、34、36、38、又は40)とセバレータプレート(例えば、8、14、又は16)との間の接触抵抗及びセバレータプレート(例えば、8、14、又は16)のバルク抵抗を含む。

【0023】本発明によれば、ポリマー材料は、好ましくは適当な熱硬化性ポリマーであり、更に好ましくはシリコン、ポリイソブチレン、エポキシビニルエステル、及びフェノール樹脂を含む材料群から選択された材料である。別の態様では、ポリマー材料は、好ましくは、適当な熱可塑性材料、及び更に好ましくはポリプロピレン、エチレンテトラフルオロエチレン(ETFE)、ナイロン、及びゴムで改質したポリプロピレンを含む材料群から選択された材料である。現在、以上の熱硬化性ポリマー及び熱可塑性ポリマーが好ましいけれども、用途の所与の特定の設計仕様について、他の同様の

材料もまた適しているということは当業者には理解されよう。

【0024】本発明によれば、繊維質導体充填体には、アスペクト比（即ち、長さの厚さに対する比）が約5:1以上で良好な導電性及び熱伝導性を示す繊維材料が含まれる。これに関し、好ましい繊維質導体材料には、現在、カーボン繊維（ピッチを基材とした繊維、PANを基材とした繊維、等）、グラファイト繊維、ニッケルでコーティングしたグラファイト繊維、及びステンレス鋼繊維を含む様々な金属繊維が含まれる。繊維質導体充填体は、一般的には、アスペクト比が5:1以上であり、繊維質導体は、更に好ましくは、アスペクト比が10:1以上であり、更に好ましくはアスペクト比が15:1以上である。

【0025】本発明の複合材料は、複合材料の機械的特性を向上させるため、ポリマー材料及び繊維質導体充填体の他に、随意であるが、繊維質不導体を1容量%乃至10容量%含むのがよい。現在の好ましい繊維質不導体充填体は、ガラス繊維を含む群から選択される。同様に、本発明の複合材料は、非繊維質導体材料を最大10容量%含むのがよい。現在の好ましい非繊維質導体材料は、好ましくは、カーボンブラック、グラファイト粉体、及び金属を基材とした粉体を含む群から選択される。

【0026】本発明によれば、ポリプロピレンを基材とした二種類の繊維充填体複合材料コンパウンドが現在の好ましい材料として同定される。第1複合材料は、アスペクト比が100:1乃至150:1のグラファイト化パイログラフPR-11カーボン繊維を15容量%、ケチエンEC300カーボンブラックを1.5容量%、及びアスペクト比が15:1乃至20:1のPAN MF30カーボン繊維を5容量%含む。第2の好ましい複合材料は、アスペクト比が15:1乃至20:1のPAN MF30カーボン繊維を40容量%含む。

【0027】添付図面を全体に参照し、複合セパレートプレートを製造するためのプロセスを以下に説明する。まず最初に、ポリマー材料及び繊維質導体充填体を含む複合材料を配合する。ポリマー樹脂は熱可塑性ポリマー又は熱硬化性ポリマーであることがよく、好ましくは、靱性及び延性が優れた安価な低密度樹脂であってもよい。繊維質導体充填体は、10:1乃至500:1の範囲の高いアスペクト比を備えている。しかしながら、高アスペクト比の充填体をアスペクト比が低い他の伝導性充填体と混合するのがよく、場合によっては好ましいということとは当業者には容易に理解されよう。繊維質材料及び非繊維質材料を含む伝導性充填体の濃度の範囲は、好ましくは10容量%乃至60容量%である。更に、最大10容量%の範囲の繊維質導体充填体を加えて機械的特性を改善するのがよい。

【0028】次に、ポリマー樹脂及び充填体を含む複合

材料を従来のポリマー混合法を使用して混合し、充填体及びポリマー母材を良好に分散し、これと同時に、高アスペクト比の伝導性充填体の長さを維持する。換言すると、混合方法は、繊維質材料を壊して導電性を任意の顯著な程度に減少してはならない。これに関し、混練法又はツインスクリュー混練法が本発明に適していると考えられる。配合後、ポリマー配合物用の従来の成形技術を使用して複合材料を複合セパレートプレートに形成する。成形面は、成形された流れ領域が複合セパレートプレートの表面の少なくとも一方に形成されるように設計されている。更に、セパレートプレートの上下の表面にランド延長部が形成されており、これらの表面から延びている。この成形表面形状は、成形プロセスと組み合わせ、繊維質導体をプレート面を貫く方向に整合させるように機能する。複合材料の粘度が十分低い場合には、材料は、高温の成形型（熱硬化性材料）又は低温の成形型（熱可塑性材料）のいずれかで射出成形できる。別の態様では、材料を圧縮金型に注入して初期材料装入体を形成した後、圧縮成形により最終的なセパレートプレート形状に成形できる。材料が粘性であり、及び従って射出成形に適していない場合には、材料を金型に置いて直線的に圧縮成形する。圧縮成形は、複合材料に圧縮力を更に均等に加えることができ、これにより複合セパレートプレートの狂いを小さくする。成形技術に拘わらず、複合材料は、繊維を所望の通りにプレート面を貫く方向に向けるため、金型内で流動できなければならぬ。好ましくは、所望の繊維配向を得るため、材料は、その粘度ベクトルの成分を流れ領域経路の長さに対して垂直にした状態で流動しなくてはならない。

【0029】形成して冷却した後、複合セパレートプレートを金型から取り出す。次いでランド延長部を除去し、プレートの厚さを減じ、完成製品を製造する。ランド延長部を除去することによりランドの高さを減少し、複合セパレートプレートの繊維質導体の一部の端部が露呈表面と近接して終端するように露呈表面を形成する。更に詳細には、ランド延長部の、望ましくない平面内方向で整合した高アスペクト比の充填体を除去する。特定の複合材料及びその機械的特性に応じて、任意の適当な機械加工方法によってランド延長部を除去できる。これに関し、好ましい機械加工方法には、レーザー機械加工方法、ウォータージェット機械加工方法、研削、フライカッティング、及びサンディングが含まれる。この機械加工作業は、成形作業中に形成されるポリマー皮膜を除去するという利点を追加する。機械加工作業の完了時に最終的な複合セパレートプレートを形成する。この機械加工作業により複合セパレートプレートの幾何学的法を更に良好に制御する。

【0030】本発明を様々な特定の実施例について開示したが、これらの好ましい実施例は、特許請求の範囲の記載を制限しようとするものではない。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 P E M 燃料スタックの概略分解図である。

【図 2】 形成前にダイに装填された複合材料装入体を示す、圧縮成形装置の概略図である。

【図 3】 複合材料装入体を圧縮成形した後の図 2 に示す圧縮成形装置を示す概略図である。

【図 4】 余分のランド高さが形成された、本発明に従って形成された複合セパレータプレートの図である。

【図 5】 余分のランド高さを除去した、図 4 に示す複合セパレータプレートの図である。

【図 6】 内部に形成されたダイキャビティに複合材料を注入する、射出成形装置の概略図である。

【図 7】 複合材料をダイキャビティに注入した後の、図 6 に示す射出成形装置の図である。

【図 8】 一方の表面上に流れ領域が形成された複合セパレータプレートを形成するための圧縮成形装置の概略図

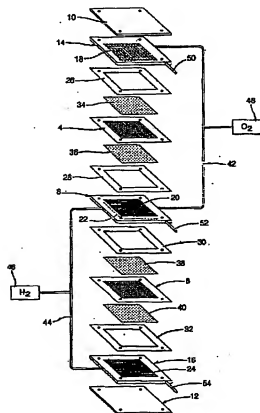
である。

【図 9】 余分のランド高さを除去した、図 8 の圧縮成形装置で形成された複合セパレータプレートを示す図である。

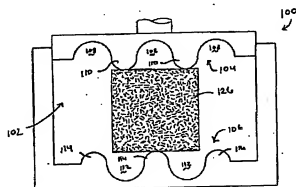
【符号の説明】

- 4、6 膜電極アッセンブリ
8 非多孔質導電性二極性セパレータプレート
10、12 ステンレス鋼製クランププレート
14、16 単極性セパレータプレート
18、20、22、24 流れ領域
26、28、30、32 不導性ガスケット
34、36、38、40 主電流コネクタ
42、44 供給配管
46 酸素貯蔵タンク
48 水素貯蔵タンク
50、52、54 配管

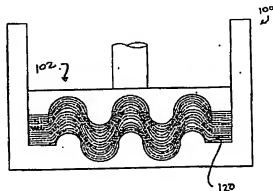
【図 1】



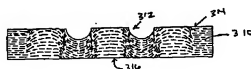
【図 2】



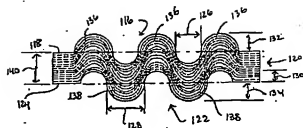
【図 3】



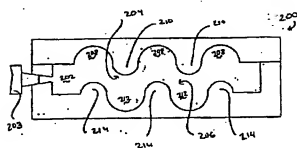
【図 9】



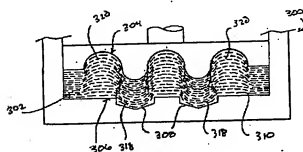
【図 4】



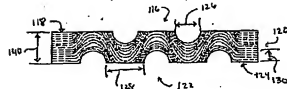
【図 6】



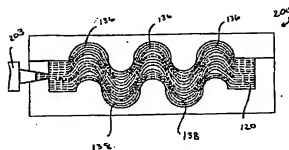
【図 8】



【図 5】



【図 7】



BEST AVAILABLE COPY

フロントページの続き

- (72)発明者 チャールズ・エル・タッカー
アメリカ合衆国イリノイ州61874, サヴォ
イ, リンドハースト・ドライブ 1707
- (72)発明者 ヨン・ウン・ヨー
大韓民国305-343 タジョン, ユサン
グ, ヤン・ドン, エルジー・ケミカル 84

- (72)発明者 ダニエル・ジェイ・リシ
アメリカ合衆国ミシガン州48021, イース
トポインテ, ハイス 23009
- Fターム(参考) 5H026 AA06 BB00 BB01 BB02 BB06
BB08 CC03 CC08 CX02 EE05
EE06 EE08 EE18 EE19 HH05
HH06 HH09